

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



525450

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. März 2004 (11.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/021466 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01M
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002844
(22) Internationales Anmeldedatum:
26. August 2003 (26.08.2003)

CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 40 247.7 31. August 2002 (31.08.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplerstrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

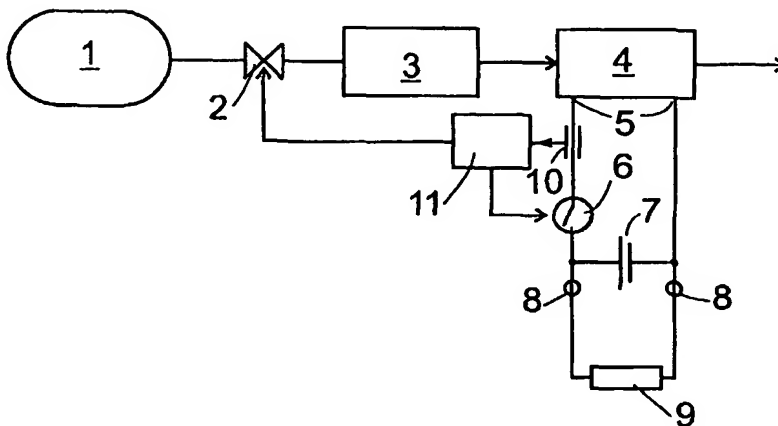
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WALTER, Markus
[DE/DE]; Badstrasse 25, 72555 Metzingen (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

(54) Title: FUEL CELL WITH A REGULATED OUTPUT

(54) Bezeichnung: LEISTUNGSGEREDELTE BRENNSTOFFZELLE



(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell system comprising at least one fuel cell (4), an electric intermediate accumulator (7), which is connected to common supply terminals (8) for an electric consumer (9), at least one sensor (10) for detecting an operating parameter of the fuel cell(s), a switch (6) for electrically connecting and/or disconnecting the fuel cell (4) to and from the intermediate accumulator (7) and the supply terminals (8), in addition to a control circuit (11) for opening and closing the switch (6) in accordance with the detected operating parameter.

(57) Zusammenfassung: Ein Brennstoffzellensystem umfasst wenigstens

eine Brennstoffzelle (4), einen elektrischen Zwischenspeicher (7), der mit gemeinsamen Versorgungsanschlüssen (8) für einen elektrischen Verbraucher (9) verbunden ist, wenigstens einen Sensor (10) zum Erfassen eines Betriebsparameters der wenigstens einen Brennstoffzelle, einen Schalter (6) zum elektrischen Verbinden und/oder Trennen der Brennstoffzelle (4) von dem Zwischenspeicher (7) und den Versorgungsanschlüssen (8) sowie eine Steuerschaltung (11) zum Öffnen und Schließen des Schalters (6) in Abhängigkeit von dem erfassten Betriebsparameter.

Leistungsgeregelte Brennstoffzelle

5 Eine Brennstoffzelle ist eine Vorrichtung zur direkten Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie, der - anders als einer Batterie - Energieträger in Form von Brennstoff und Oxidationsmittel kontinuierlich zugeführt werden muss. Der Brennstoff herkömmlicher Niedertemperatur-Brennstoffzellen ist Wasserstoff, es sind aber auch Hochtemperatur-Brennstoffzellen bekannt, die bei einer Arbeitstemperatur von ca. 1000°C Kohlenmonoxid, Methan oder Erdgas umsetzen.

15 Stationär eingesetzte Brennstoffzellen können in Verbindung mit Druckspeichern für Brennstoff und Oxidationsmittel eingesetzt werden, die je nach gewünschter elektrischer Ausgangsleistung der Brennstoffzelle sehr schnell veränderbare Gasströme liefern können.

20 Für den mobilen Einsatz von Brennstoffzellen, etwa als Energiequelle für Elektrofahrzeuge, kommt die Verwendung von Druckspeichern nicht in Betracht, einerseits aufgrund ihrer hohen, mit den Fahrzeugen zu bewegend Masse, andererseits aufgrund des Gefahrenpotentials, das ein mit Brennstoff, insbesondere mit Wasserstoff gefüllter Druckspeicher bei einem Unfall des Fahrzeugs birgt.

30 Für den mobilen Einsatz von Brennstoffzellen sind daher Systeme bevorzugt, die einen sogenannten Reformer einsetzen, der einen nicht direkt von der Brennstoffzelle verwertbaren, dafür aber gut zu transportierenden Energieträger, z.B. Benzin,

in einen verwertbaren Energieträger, in der Praxis ein im wesentlichen aus H_2 , CO_2 und Wasserdampf bestehendes Gasgemisch, umgesetzt. Ein Nachteil der Reformer gegenüber den Druckspeichern ist, dass der von ihnen gelieferte Brennstoffstrom nur langsam veränderbar ist, typischerweise mit einer Zeitkonstanten in der Größenordnung von 100 s, wohingegen der Volumenstrom aus einem Druckspeicher mit einer Zeitkonstanten von nicht mehr als 0,01 s regelbar ist.

- 10 Da die Brennstoffzelle in Betrieb stets eine gewisse Menge an Brennstoff enthält, ist es kurzzeitig möglich, mehr elektrische Leistung herauszuziehen, als der zugeführten Brennstoffmenge entspricht, doch führt dies zu unerwünschten Verschiebungen der chemischen Verhältnisse in der Brennstoffzelle.
- 15 Dies lässt sich bei herkömmlichen Brennstoffzellensystemen nur dadurch vermeiden, dass der vom Reformer zur Verfügung gestellte Brennstoffstrom größer eingestellt wird, als dem normalerweise von der Brennstoffzelle abgenommenen Strom entspricht, so dass für einen plötzlichen Mehrbedarf an elektrischer Leistung eine Brennstoffreserve zur Verfügung steht. Da
- 20 diese in mobilen Systemen jedoch nicht zum späteren Verbrauch gespeichert werden kann, wird dieser im Überschuss erzeugte Brennstoff zumeist nicht effizient genutzt, was unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten unerwünscht ist.

- 25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, ein Brennstoffzellensystem anzugeben, das bei effektiver Nutzung des zugeführten Brennstoffs auch dann schnelle Änderungen der elektrischen Ausgangsleistung des Systems erlaubt, wenn der zugeführte Brennstoffstrom nur langsam veränderlich ist.
- 30

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

- 35 Ein solches System erlaubt den Betrieb einer Brennstoffzelle mit einer elektrischen Ausgangsleistung unterhalb einer Nennleistung der Zelle für kontinuierlichen Betrieb, indem zum

Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit geringer Leistung die Brennstoffzelle intermittierend betrieben wird, wobei in einer Betriebsphase, in der der Schalter geschlossen ist, die Brennstoffzelle sowohl den Verbraucher versorgt als
5 auch den Zwischenspeicher auflädt, während in einer Betriebsphase, in der der Schalter geschlossen ist, der Zwischenspeicher die Versorgung des elektrischen Verbrauchers übernimmt.

Da der Schalter in der Lage sein muss, unter Last zu schalten, ist ein Halbleiterschalter, insbesondere ein MOSFET, bevorzugt.
10

Die von einem solchen Schalter erzeugte Abwärme kann zum Erwärmen der Brennstoffzelle sinnvoll genutzt werden, wenn diese mit dem Schalter thermisch gekoppelt ist. Insbesondere bei
15 einem Brennstoffzellensystem mit einem Stapel von Brennstoffzellen ist der Schalter bevorzugt an einem Ende des Stapels angeordnet, um so Zellen an dem Ende des Stapels warm zu halten, deren Temperatur sonst im Vergleich zu mittleren Zellen
20 unerwünscht abfallen würde. Da die am Schalter im Betrieb anfallende Verlustleistung größer ist als die Heizleistung, die zum Halten des Stapels auf einer gewünschten Betriebstemperatur erforderlich ist, kann eine eigene Heizeinrichtung für den Brennstoffzellenstapel entfallen.

25

Die Steuerschaltung kann das Öffnen und Schließen des Schalters jeweils anhand erfasster Werte eines einzigen Betriebsparameters steuern, oder sie kann einen Betriebsparameter zum Steuern des Öffnens und einen zweiten, gegebenenfalls von einem anderen Sensor erfassten Betriebsparameter, zum Steuern
30 des Schließens heranziehen.

Die Steuerschaltung kann ausgelegt sein, um den oder die Betriebsparameter kontinuierlich zu überwachen und den Schalter
35 jeweils bei Überschreitung eines ersten Grenzwertes zu öffnen und bei Überschneidung eines zweiten Grenzwertes (durch den gleichen oder einen anderen Betriebsparameter wie beim ersten

Grenzwert) zu schließen. Eine solche Steuerungsstrategie erlaubt es, dem zur Verfügung stehende Leistung genau der Leistungsaufnahme durch einen Verbraucher nachzuführen. Die Dauer eines Öffnungs- und Schließzyklus kann in diesem Fall in der
5 Größenordnung von einigen Sekunden oder darüber liegen; dementsprechend muss die Kapazität des Zwischenspeichers dimensioniert sein.

Eine andere Möglichkeit ist, in die Steuerschaltung eine Impulsgeneratorschaltung einzubeziehen, die den Schalter mit
10 Impulsen ansteuert, deren Tastverhältnis in Abhängigkeit von dem wenigstens einen Betriebsparameter variabel ist. Dies ermöglicht wesentlich kürzere Zykluszeiten bzw. den Betrieb des Schalters mit Frequenzen von bis zu 50 kHz. Die benötigte Kapazität des Zwischenspeichers ist bei dieser Lösung wesentlich
15 kleiner, und Spannungsschwankungen am Verbraucher, die aus dem intermittierenden Betrieb der Brennstoffzelle resultieren, können wesentlich kleiner gehalten werden.

Als zu überwachende Betriebsparameter kommen insbesondere die Klemmenspannung der Brennstoffzelle oder, im Falle eines Stapels von in Reihe geschalteten Brennstoffzellen, die Klemmenspannung oder insbesondere die minimale Zellenspannung aller
20 Zellen des Stapels des Gesamtstapels, der Innenwiderstand einer einzelnen Brennstoffzelle oder eines Stapels von Brennstoffzellen oder der Wasserstoffpartialdruck der Zellen in Betracht. Dabei können zwei verschiedene Grenzwerte des gleichen Parameters jeweils als Grenzwerte für das Öffnen bzw. das Schließen des Schalters herangezogen werden, oder es können
25 zwei Grenzwerte unterschiedlicher Parameter genutzt werden. Insbesondere wenn als Kriterium für das Öffnen des Schalters eine Zellenspannung eingesetzt wird, kann diese so niedrig gewählt werden, dass sie eine CO-Oxidation in der Zelle/den Zellen ermöglicht. Insbesondere wenn Brennstoffzellen mit Reformergas betrieben werden, das einen Anteil CO
30 enthalten kann, sammelt sich dieses, da es unter normalen Betriebsbedingungen nicht umgesetzt wird, in den Zellen an und

führt zu einer „Vergiftung“, die sich in einer Zunahme des Innenwiderstands der Zellen und einer Abnahme ihrer Klemmenspannung äußert, wobei das Ausmaß der Vergiftung für die einzelnen Zellen eines Stapels unterschiedlich sein kann.

5

Die Steuerschaltung kann auch genutzt werden, um korreliert mit der Steuerung des Schalters die Brennstoffzufuhr zu der Brennstoffzelle oder zu einem die Zelle versorgenden Reformer zu steuern.

10

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

15 Fig. 1 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen mobilen Brennstoffzellensystems;

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf von Klemmenspannungen von Brennstoffzellen des erfindungsgemäßen Systems; und

Fig. 3 ein Blockdiagramm eines Brennstoffzellensystem gemäß
20 einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung.

Das Brennstoffzellensystem der Fig. 1 umfasst einen Tank 1 für einen flüssigen Brennstoff wie etwa Benzin, Methanol oder dergleichen, der über ein Regelventil 2 mit einem Reformer 3 verbunden ist. Der Reformer 3 dient zum Umsetzen des Brennstoffs in ein Gasgemisch, das unter anderem molekularen Wasserstoff enthält. Dieses Gasgemisch wird einem an den Reformer 3 angeschlossenen Brennstoffzellenstapel 4 aus einer Mehrzahl von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellen zugeführt. Der Brennstoffzellenstapel 4 hat elektrische
25 Ausgangsanschlussklemmen 5, zwischen denen eine aus der Umsetzung des Wasserstoffs mit Sauerstoff zu Wasser in den Zellen resultierende Spannung anliegt. An die Ausgangsanschlussklemmen 5 sind in Reihe ein Halbleiterschalter, insbesondere ein MOSFET 6 und ein elektrischer Zwischenspeicher 7, hier
30

eine Sekundärbatterie, in Reihe angeschlossen, so dass bei geschlossenem Schalter 6 der Zwischenspeicher 7 mit Strom vom Brennstoffzellenstapel 4 geladen werden kann. Die Pole des Zwischenspeichers 7 bilden gleichzeitig die Lastanschlussklemmen 8 des Brennstoffzellensystems, an die in der Fig. ein elektrischer Verbraucher 9 angeschlossen gezeigt ist. Bei geschlossenem Schalter 6 zieht dieser Verbraucher 9 ebenfalls Strom von dem Brennstoffzellenstapel 4, bei offenem Schalter 6 wird er von dem Zwischenspeicher 7 versorgt.

10

Ein Sensor 10 zum Erfassen eines Betriebsparameters des Brennstoffzellenstapels ist mit einer Steuerschaltung 11 verbunden. Bei dem Sensor 10 kann es sich um eine Messschaltung zum Erfassen einer Ausgangsspannung oder eines Innenwiderstandes des Brennstoffzellenstapels 4 handeln; es können auch mehrere derartige Messschaltungen vorgesehen sein, um Ausgangsspannung und Innenwiderstand jeweils getrennt für die einzelnen Zellen des Stapels 4 zu erfassen. In Betracht kommen auch chemische Sensoren, insbesondere zum Erfassen eines Wasserstoff-Partialdrucks in den Zellen des Stapels. Die Überwachung eines oder mehrerer dieser Parameter - es können auch mehrere Sensoren in Kombination vorgesehen sein - ermöglicht der Steuerschaltung 11 eine Beurteilung des Leistungsvermögens des Brennstoffzellenstapels 4, genauer gesagt des Verhältnisses zwischen Brennstoffzufuhr und durch den Verbraucher 9 abgegriffener elektrischer Leistung.

Zunächst soll exemplarisch der Fall betrachtet werden, dass Sensoren 10 jeweils zum Messen von Klemmenspannungen einzelner Zellen des Stapels 4 vorgesehen sind. Wenn der Schalter 6 geschlossen ist und die Brennstoffzellen unbelastet sind, wie im Zeitintervall t_0 bis t_1 der Fig. 2, ist die gelieferte Ausgangsleistung Null, und die gemessenen Spannungen haben einen konstanten, hohen Wert, der von Zelle zu Zelle geringfügig unterschiedlich sein kann. Die in Fig. 2 mit U_{\max} bzw. U_{\min} bezeichneten Kurven zeigen jeweils die höchste bzw. die niedrigste hohe Spannung aller Zellen des Stapels 4. Wenn zum

Zeitpunkt t_1 der Schalter 6 geschlossen wird, fallen die Kurven U_{\max} , U_{\min} zunächst auf einen Belastungswert ab. Die zu diesem Zeitpunkt von dem Stapel 4 gelieferte elektrische Ausgangsleistung ist höher, als der Zufuhr von Primärleistung über das Regelventil 2 entspricht. Die elektrochemischen Bedingungen in den Zellen sind daher nicht stationär, und die Ausgangsspannungen nehmen allmählich ab. Wenn die Steuerungschaltung 11 zum Zeitpunkt t_2 erfasst, dass die Ausgangsspannung U_{\min} einen unteren Grenzwert U_{low} erreicht, öffnet sie den Schalter 6, so dass kein Strom mehr fließt und die Spannungen U_{\max} , U_{\min} zunächst abrupt ansteigen. Es schließt sich eine Phase des allmählichen Anstiegs an, in der sich die Tatsache widerspiegelt, dass keine elektrische Leistung aus dem Stapel 4 gezogen wird, dass aber gleichzeitig Brennstoff nachfließt, der den zuvor bei geöffnetem Schalter in Übermaß verbrauchten ersetzt. Sobald die Spannung U_{\min} einen oberen Grenzwert U_{high} erreicht (Zeitpunkt t_3) öffnet die Steuerungschaltung 11 den Schalter 6 erneut, und der Zyklus wiederholt sich. Im Gegensatz zur Spannung U_{\min} oszilliert die Spannung an den Lastanschlussklemmen 8 nur in engen Grenzen, da sie von dem Zwischenspeicher 7 gepuffert wird.

Im Prinzip ist es mit dem in Fig. 1 gezeigten Aufbau möglich, durch einfaches Einstellen einer Gasdurchflussrate am Regelventil 2 die elektrische Ausgangsleistung des Stapels 4 zu regeln. Wie man leicht sieht, sind bei als konstant angenommenem Widerstand des Verbrauchers 9 die Phasen, in denen der Schalter 6 geschlossen ist, um so kürzer und die Phasen mit offenem Schalter um so länger, je geringer die Brennstoffzufuhr rate ist. Während der Schalter geschlossen ist, ist die abgegriffene elektrische Leistung größer als die in Form von Brennstoff zugeführte Leistung; die Zelle ist also überlastet, und ihre Ausgangsspannung sinkt ab. Während der Schalter offen ist, wird der Verbraucher 9 aus dem Zwischenspeicher 7 versorgt, und die Zelle erholt sich. Durch das Zusammenspiel des Schalters 6 und des Zwischenspeichers 7 sind Änderungen der elektrischen Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels

4 mit einer höheren Geschwindigkeit realisierbar als derjenigen, mit dem der vom Reformer 3 gelieferte Brennstoffstrom einer veränderten Leistungsaufnahme durch den Verbraucher 9 nachgeführt werden kann.

5

Technisch nützlicher noch als die Möglichkeit, die elektrische Leistung des Brennstoffzellensystems durch die Brennstoffzufuhr zu regeln, ist die Möglichkeit, umgekehrt die Steuerschaltung 11 die Brennstoffzufuhrrate am Regelventil 2
10 anhand der von dem Verbraucher 9 benötigten Leistung regeln zu lassen. Kurzfristige Schwankungen des Leistungsbedarfs des Verbrauchers 9, wie sie insbesondere bei mobilen Anwendungen auftreten können, können zunächst vom Zwischenspeicher 7 aufgefangen werden. Wenn ein erhöhter Leistungsbedarf länger an-
15 hält, als der Speicherkapazität des Zwischenspeichers 7 entspricht, muss die Brennstoffzufuhr nachgeregelt werden. Die Steuerschaltung 11 ist in der Lage, anhand der Schaltzeiten t_1 , t_2 , t_3 , ... den Leistungsbedarf abzuschätzen. Je größer dieser ist, um so kürzer ist die Zeitspanne $[t_1, t_2]$ vom
20 Schließen des Schalters bis zum Erreichen des unteren Grenzwerts U_{low} durch die Spannung U_{min} . Die Dauer der anschließenden Erholungsphase $[t_2, t_3]$ hängt hingegen im wesentlichen von der Brennstoffzufuhrrate ab. Die Steuerschaltung 11 hält daher das Verhältnis dieser zwei Zeitspannen zueinander kon-
25 stant, indem sie, wenn sie eine Verkürzung des Zeitintervalls $[t_1, t_2]$ feststellt, das Regelventil 2 ansteuert, um dessen Durchsatz heraufzusetzen und umgekehrt dessen Durchsatz reduziert, wenn die Zeitspanne $[t_1, t_2]$ zu lang wird.

30 Wie bereits oben erwähnt, kann ein im vom Reformer gelieferten Gasgemisch enthaltener CO-Anteil zu einer Vergiftung der Zellen des Stapels 4 führen, mit der Folge, dass deren Innenwiderstand zu- und ihr Leistungsvermögen abnimmt. Solches in einer Brennstoffzelle akkumuliertes Kohlenmonoxid kann abge-
35 baut werden, indem durch eine vorübergehende hohe elektrische Belastung ihre Ausgangsspannung unter einen Grenzwert gedrückt wird, ab dem die Verbrennung des CO in der Zelle ein-

setzt. Der untere Spannungsgrenzwert U_{low} kann unterhalb dieses Grenzwert gewählt werden, so dass in einer Belastungsphase jeweils kurz vor Schließen des Schalters 6 in der Zelle, die die Spannung U_{min} liefert und die im allgemeinen die am stärksten mit CO vergiftete Zelle sein wird, ein CO-Abbau stattfindet. Wenn diese Abbauphase lang genug ist, um das Kohlenmonoxid der Zelle im wesentlichen vollständig abzubauen, ist im anschließenden Zyklus deren Leistungsfähigkeit wieder hergestellt, so dass anschließend eine andere Zelle des Stapels die kleinste Ausgangsspannung U_{min} liefert. Wenn die Dauer der Abbauphase für einen vollständigen CO-Abbau nicht ausreicht, so verhindert sie dennoch eine weitere Abnahme der Leistungsfähigkeit der Zelle und erlaubt einen Weiterbetrieb des Stapels 4, bis sich in allen seinen Zellen eine solche Menge an CO angesammelt hat, dass eine Regenerierung des gesamten Stapels erforderlich ist.

Für den Fall, dass die CO-Vergiftung nur eine untergeordnete Rolle spielt, ist der Betrieb unterhalb von kleinen, den CO-Abbau ermöglichenden Zellspannungen nicht bzw. nur von Zeit zu Zeit nötig. In diesem Fall kann es wünschenswert sein, die Schaltfrequenz des Schalters 6 zu erhöhen, um Schwankungen der Spannung an den Lastanschlussklemmen 8 zu reduzieren bzw. die im Zwischenspeicher 7 zu speichernde Energiemenge zu verringern und somit einen kleineren, leichteren und preiswerteren Zwischenspeicher verwenden zu können.

Ein Brennstoffzellensystem gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung, das diese Anforderungen erfüllt, ist in Fig. 3 gezeigt. Auch diese Ausgestaltung umfasst einen Brennstoffzellenstapel 4 und einen Schalter 6, die in Reihe zwischen zwei Lastanschlussklemmen 8 geschaltet sind, sowie einen parallel zum Brennstoffzellenstapel 4 und dem Schalter 6 angeordneten Zwischenspeicher 7. Genau so wie mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben, sind ein oder mehrere Sensoren 10 an dem Brennstoffzellenstapel 4 angeordnet. Ein Mikrocontroller 12 liefert in Abhängigkeit von einer in einem Steuerprogramm 13

verkörpert Betriebsstrategie Sollwerte für die von dem oder den Sensoren 10 erfassten Betriebsparameter. Ein Subtraktionsglied 18 oder ein Operationsverstärker ermittelt eine Differenz zwischen Betriebsparameter-Mess- und Sollwerten und führt diese einem Regler 14 zu, der sie in ein Modulationssignal für einen PWM-Impulsgenerator 15 umformt. Dieser liefert ein Impulssignal mit einem von einem Taktgenerator 16 vorgegebenen Takt und einem von dem Modulationssignal vorgegebenen Tastverhältnis an einen Treiber 17, der den MOSFET-Schalter 6 je nach Pegel des vom Modulator 15 empfangenen Steuersignals offen bzw. geschlossen hält. Die Frequenz des pulsbreitenmodulierten Signals kann zwischen 0,1 und 50 kHz betragen, wobei die Welligkeit der Spannung an den Lastanschlussklemmen 8 um so geringer und die erforderliche Speicherkapazität des Zwischenspeichers 7 um so kleiner ist, je höher diese Frequenz ist.

Da bei der Ausgestaltung der Fig. 3 die Abnahme der Zellspannung unter Last, wie in Fig. 2 gezeigt, nicht beobachtet werden kann, muss die von einem an die Lastanschlussklemmen 8 angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Leistung in der Regelstrategie 13 berücksichtigt werden. Dies kann z.B. mit Hilfe von (nicht dargestellten) an die Lastanschlussklemmen 8 angeschlossenen Sensoren zum Erfassen der über sie fließenden elektrischen Leistung oder Stromstärke geschehen, oder indem dem Mikrocontroller 12 ein Steuersignal zugeführt wird, das in gleicher Weise auch dem Verbraucher zugeführt wird, um dessen Leistung zu steuern und folglich für die von ihm aufgenommene Leistung repräsentativ ist.

Auch bei dieser Ausgestaltung steuert der Mikrocontroller 12 sinnvollerweise auch den Brennstoffdurchsatz durch ein Regelventil 2, das entweder den direkten Wasserstoffzustrom zum Brennstoffzellenstapel 4 oder den Zustrom von Brennstoff zu einem dem Stapel 4 vorgeschalteten Reformer kontrolliert.

Bei beiden Ausgestaltungen ist der Schalter 6 jeweils an einer Stirnseite des Brennstoffzellenstapels 4 angeordnet, um mit seiner Abwärme die stirnseitigen Brennstoffzellen zusätzlich zu beheizen, die anderenfalls bei Verwendung einer Heizung mit gleicher Leistung für alle Brennstoffzellen niedriger sein würde als die der in der Mitte des Stapels liegenden Zellen. Der Schalter 6 wird auf diese Weise auf einer Temperatur im Bereich von 70 bis 95°C gehalten, die von Standard-Halbleitern gut vertragen wird. Da seine Abwärme für die Temperierung der Brennstoffzellen genutzt wird, belastet sie den Gesamtwirkungsgrad des erfindungsgemäßen Systems nur in dem Maße, in dem die Verlustleistung des Schalters 6 die zum Temperieren der Brennstoffzellen ohnehin benötigte Heizleistung übersteigt.

15

Patentansprüche

- 5 1. Brennstoffzellensystem mit wenigstens einer Brennstoff-
zelle und einem elektrischen Zwischenspeicher (7), der
mit gemeinsamen Versorgungsanschlüssen (8) für einen e-
lektrischen Verbraucher (9) verbunden ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
10 dass es wenigstens einen Sensor (10) zum Erfassen eines
Betriebsparameters der wenigstens einen Brennstoffzelle
(4), einen Schalter zum elektrischen Verbinden und/oder
Trennen der Brennstoffzelle von dem Zwischenspeicher (7)
und den Versorgungsanschlüssen (8) sowie eine Steuer-
15 schaltung (11) zum Öffnen und Schließen des Schalters (6)
in Abhängigkeit von dem erfassten Betriebsparameter auf-
weist.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Schalter (6) ein Halbleiterschalter, insbesonde-
re ein MOSFET ist.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Schalter (6) und die Brennstoffzelle (4) ther-
misch gekoppelt sind.
4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es einen Stapel von Brennstoffzellen (4) umfasst und

dass der Schalter (6) an einem Ende des Stapels angeordnet ist.

5. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, den Schalter (6) anhand eines einzigen Betriebsparameters zu öffnen und zu schließen.
- 10 6. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, den Schalter
15 (6) anhand eines ersten Betriebsparameters zu öffnen und
 anhand eines zweiten Betriebsparameters zu schließen.
7. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, den Schalter (6) jeweils bei Überschreitung eines ersten Grenzwertes zu öffnen und bei Überschreitung eines zweiten Grenzwertes zu schließen.
- 25 8. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass es eine Impulsgeneratorschaltung (16) zum Ansteuern des Schalters (6) mit Impulsen umfasst, deren Tastverhältnis in Abhängigkeit von dem wenigstens einen Betriebsparameter variabel ist.
- 30 9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8,
 dadurch gekennzeichnet,
35 dass die Frequenz der von der Impulsgeneratorschaltung (16) erzeugten Impulse zwischen 0,1 und 50 kHz beträgt.

10. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Sensor (10) ein Spannungssensor zum Erfassen der
Klemmenspannung der wenigstens einen Brennstoffzelle (4)
vorgesehen ist.
11. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, bei Überschreitung einer oberen Grenzspannung den Schalter (6) zu schließen und/oder ihn bei Unterschreitung einer unteren Grenzspannung zu öffnen.
12. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Sensor ein Innenwiderstandssensor zum Erfassen des Innenwiderstandes der wenigstens einen Brennstoffzelle vorgesehen ist.
13. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, bei Überschreitung eines oberen Grenzwiderstandes den Schalter (6) zu schließen und/oder ihn bei Unterschreitung eines unteren Grenzwiderstandes zu öffnen.
14. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Sensor (10) ein Drucksensor zum Erfassen des Wasserstoffpartialdrucks der wenigstens einen Brennstoffzelle vorgesehen ist.
15. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, bei Überschreitung eines oberen Grenzdrucks den Schalter (6) zu schließen zu öffnen und/oder ihn bei Unterschreitung eines unteren Grenzdrucks zu öffnen.

5

16. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

10

dass in wenigstens einer Betriebsgaszufuhrleitung ein Ventil angeordnet ist, dessen Durchsatz von der Steuerschaltung anhand des erfassten Betriebsparameters geregelt ist.

17. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der wenigstens einen Brennstoffzelle ein Reformer (3) als Wasserstoffquelle vorgeschaltet ist.

20 18. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 17,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Durchsatz des Reformers (3) von der Steuerschaltung (11) anhand des erfassten Betriebsparameters geregelt ist.

25

